

21世纪全国高等院校 **自动化系列** 实用规划教材

微机原理及接口技术

— (第**2**版) —

主 编 赵志诚 段中兴



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高等院校自动化系列实用规划教材

微机原理及接口技术 (第 2 版)

主 编 赵志诚 段中兴

副主编 何秋生 王 君 张开生

参 编 金坤善 吴叶兰 聂诗良



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以 Intel 8086 CPU 为对象,详细、系统地介绍 16 位微型计算机的基本原理和接口技术。其主要内容包括微型计算机的基本结构、基本工作原理、指令系统及汇编语言程序设计、半导体存储器、中断系统、基本 I/O 技术及典型的接口芯片。另外还对高性能 CPU (80X86 以及 Pentium) 进行了简要介绍。

本书内容新颖、详略得当并面向应用,在强调基本原理和概念的同时,更侧重于微型计算机的实际应用,通过学习本书可以培养学生应用微机系统软硬件开发的初步能力。

本书可作为高等院校非计算机专业的教材,同时也可作为从事研发、生产的广大科技工作者的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理及接口技术/赵志诚,段中兴主编. —2 版. —北京:北京大学出版社,2016.3
(21 世纪全国高等院校自动化系列实用规划教材)
ISBN 978-7-301-26512-3

I. ①微… II. ①赵…②段… III. ①微型计算机—理论—高等学校—教材②微型计算机—接口技术—高等学校—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 269307 号

书 名	微机原理及接口技术(第 2 版) Weiji Yuanli ji Jiekou Jishu
著作责任者	赵志诚 段中兴 主编
责任编辑	程志强
标准书号	ISBN 978-7-301-26512-3
出版发行	北京大学出版社
地 址	北京市海淀区成府路 205 号 100871
网 址	http://www.pup.cn 新浪微博: @北京大学出版社
电子信箱	pup_6@163.com
电 话	邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667
印 刷 者	北京溢漾印刷有限公司
经 销 者	新华书店
	787 毫米×1092 毫米 16 开本 24.5 印张 573 千字
	2006 年 9 月第 1 版
	2016 年 3 月第 2 版 2016 年 3 月第 1 次印刷
定 价	49.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题,请与出版部联系,电话: 010-62756370

前 言

随着计算机技术的发展与应用,“微机原理及接口技术”已经成为我国高校自动化、电气工程、电子工程、通信工程、机电工程等非计算机专业的一门重要的技术基础课程,同时直接面向实际应用,在相关电子工程类学科中起着相当重要的作用。本书是根据作者多年的教学实践经验和 21 世纪本科人才培养目标与模式的要求编写而成的。

尽管微机的发展日新月异,微处理器的品种繁多,但考虑到微机的体系结构仍然是冯·诺依曼经典结构,同时为了遵从由特殊到一般、循序渐进的教学方法,因此本书仍以 8086 CPU 为对象,详细、系统地介绍了 16 位微型计算机的基本工作原理和接口技术,并在此基础上对更高性能的微处理器(80X86 以及 Pentium)以及目前微机发展的最新技术进行了简要介绍。

全书共分 11 章,其中第 1 章介绍微型计算机的发展与分类、计算机中的数制与码制、计算机系统的基本组成与运行原理以及微型计算机的基本结构等相关知识。第 2 章介绍 8086 微处理器的结构、系统的两种组态及其引脚功能,分析 8086 存储器、I/O 读写周期以及其他典型时序。第 3 章介绍 80286 及以后各系列微处理器的体系结构、寄存器、工作方式,着重叙述了虚拟存储器的管理。第 4 章主要介绍 8086 CPU 的寻址方式和指令系统,并简要介绍 80286、80386 等微处理器对指令功能的扩充及新增加的指令。第 5 章介绍汇编语言程序的基本知识、BIOS 和 DOS 系统功能调用的基本概念,并通过大量例程说明了程序设计的基本方法。第 6 章首先介绍半导体存储器的分类、存储器芯片的一般结构和主要性能指标,以及随机存储器 RAM、只读存储器 ROM 的基本工作原理和典型芯片,然后介绍存储器与 CPU 的接口技术,最后介绍了高速缓冲存储器 cache 和半导体存储器的新技术。第 7 章介绍 I/O 接口的基本概念、编址方式以及 CPU 与外设之间的数据传送方式,并给出了简单输入/输出接口设计的实例。第 8 章主要介绍微机中断系统的功能、中断过程、中断管理以及 8086 的中断系统,还详细介绍了可编程中断控制器 8259A 的工作原理及应用。第 9 章介绍并行输入/输出接口 8255A、定时/计数器 8253/8254、DMA 控制器 8237A、串行通信接口 8251A 等可编程接口芯片,从内部结构和引脚入手,重点介绍芯片的工作方式、编程控制字及应用实例。第 10 章介绍总线技术的基本概念、系统总线和通信总线,其中系统总线主要介绍 ISA 总线和 PCI 总线,通信总线除了常用的 RS-232C 总线之外,结合微机发展的新技术还介绍 USB 总线。第 11 章介绍数/模转换与模/数转换的基本原理和主要性能参数,并举例详细说明常用的数/模、模/数转换器芯片及其与 CPU 的硬件接口设计和程序设计。

为了充实相关知识内容,本书使用了二维码技术,读者可以通过扫描书中二维码来获取扩充的知识和例题。

本书第 1、2 章由西安建筑科技大学段中兴编写,第 3、8 章及附录由兰州理工大学王君编写,第 4 章由太原科技大学赵志诚编写,第 5 章由太原科技大学金坤善编写,第 6 章



由太原科技大学何秋生编写，第7章由北京工商大学吴叶兰编写，第9、10章由陕西科技大学张开生编写，第11章由西南科技大学聂诗良编写。全书由赵志诚统稿。在本书的编写过程中得到北京大学出版社的大力支持和编写指导委员会的热情帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不当之处在所难免，敬请专家、读者批评指正。

编 者

2015年5月

目 录

第 1 章 微型计算机基础..... 1

1.1 概述..... 1

1.1.1 微型计算机发展概况..... 1

1.1.2 微型计算机发展特点与分类..... 4

1.1.3 微型计算机的应用..... 6

1.2 计算机中的数制和编码..... 7

1.2.1 计算机中的数制..... 7

1.2.2 计算机中的码制..... 10

1.2.3 计算机中的信息编码..... 14

1.3 计算机系统的组成与运行原理..... 15

1.3.1 计算机系统中常用的术语..... 15

1.3.2 计算机系统的组成..... 17

1.3.3 计算机运行原理..... 19

本章小结..... 19

思考题与习题..... 20

第 2 章 Intel 8086 系统结构..... 21

2.1 8086 微处理器的结构..... 21

2.1.1 8086 微处理器的功能结构..... 21

2.1.2 8086 的存储器分段组织..... 24

2.1.3 8086 的寄存器结构..... 27

2.2 8086 的引脚功能及系统组态..... 31

2.2.1 8086 的引脚功能..... 31

2.2.2 8086 的两种系统组态..... 35

2.3 8086 的总线周期..... 42

2.3.1 总线周期的基本概念..... 42

2.3.2 8086 的存储器读写周期..... 43

2.3.3 8086 的 I/O 读写周期..... 47

2.3.4 8086 其他典型时序分析..... 48

本章小结..... 51

思考题与习题..... 52

第 3 章 高档微处理器..... 53

3.1 Intel 80286 微处理器..... 53

3.1.1 80286 的功能结构..... 53

3.1.2 80286 的内部寄存器..... 55

3.2 Intel 80386 微处理器..... 56

3.2.1 80386 的功能结构..... 56

3.2.2 80386 的内部寄存器..... 58

3.3 Intel 80486 微处理器..... 61

3.3.1 80486 的功能结构..... 61

3.3.2 80486 的内部寄存器..... 63

3.4 Intel Pentium 微处理器..... 64

3.4.1 Pentium 的功能结构..... 65

3.4.2 Pentium 的内部寄存器..... 66

3.4.3 Pentium 的微处理器的新

发展..... 67

3.5 高档微机存储器管理..... 69

3.5.1 实地址方式..... 69

3.5.2 保护虚地址方式..... 69

3.5.3 虚拟 8086 方式..... 73

本章小结..... 73

思考题与习题..... 73

第 4 章 Intel 8086 的指令系统..... 74

4.1 寻址方式..... 74

4.1.1 立即寻址..... 74

4.1.2 寄存器寻址..... 75

4.1.3 存储器寻址..... 75

4.1.4 I/O 端口寻址..... 79

4.2 8086 指令系统..... 79

4.2.1 数据传送指令..... 80

4.2.2 算术运算指令..... 87

4.2.3 逻辑运算和移位指令..... 99

4.2.4 串操作指令..... 107

4.2.5 控制转移指令..... 111

4.2.6 处理器控制指令..... 119

本章小结..... 121



思考题与习题	122
第5章 汇编语言程序设计	124
5.1 汇编语言程序的结构	124
5.1.1 分段结构	124
5.1.2 汇编语言源程序语句的 类型及组成	125
5.1.3 名字和标号	126
5.1.4 助记符和定义符	127
5.1.5 操作数	127
5.1.6 注释	132
5.2 伪指令	132
5.2.1 数据定义伪指令	132
5.2.2 符号定义伪操作	134
5.2.3 段定义伪指令	135
5.2.4 过程定义伪指令	136
5.2.5 宏处理伪指令	137
5.2.6 其他伪操作	139
5.3 DOS 和 BIOS 调用	139
5.3.1 DOS 软中断及系统功能 调用	140
5.3.2 BIOS 调用	144
5.4 程序设计举例	150
5.4.1 直线运行程序设计	150
5.4.2 分支程序设计	151
5.4.3 循环程序设计	153
5.4.4 字符串处理程序设计	156
5.4.5 码制转换程序设计	158
本章小结	159
思考题与习题	159
第6章 半导体存储器	162
6.1 半导体存储器分类	162
6.2 半导体存储器的结构及技术指标	164
6.2.1 半导体存储器的结构	164
6.2.2 半导体存储器的技术指标	167
6.3 随机存取存储器	169
6.3.1 静态随机存储器	169
6.3.2 动态随机存储器	172
6.4 只读存储器	177
6.4.1 掩膜 ROM	177
6.4.2 可编程 ROM	177
6.4.3 可擦除可编程 ROM	178
6.4.4 电可擦除可编程 ROM	182
6.4.5 闪存存储器	184
6.5 存储器的接口技术	187
6.5.1 存储器接口设计应考虑的 问题	188
6.5.2 存储器的扩展技术	188
6.5.3 存储器的地址译码	193
6.5.4 存储系统设计应用举例	196
6.5.5 8086 存储器组织	200
6.6 高速缓冲存储器	202
6.6.1 cache 的工作原理	202
6.6.2 cache 的地址映射	202
6.6.3 cache 的替换算法	205
6.6.4 高档机 cache 结构简介	206
6.7 半导体存储器新技术	207
本章小结	209
思考题与习题	209
第7章 输入/输出技术	211
7.1 I/O 接口概述	211
7.1.1 I/O 接口的功能	211
7.1.2 CPU 与 I/O 接口间的信息 类型	213
7.1.3 I/O 接口的典型结构	214
7.2 I/O 端口的编址方式	215
7.2.1 存储器映像编址方式	215
7.2.2 I/O 端口单独编址方式	215
7.2.3 PC XT/AT 的 I/O 端口地址 分配	216
7.2.4 I/O 端口地址的译码	217
7.3 输入/输出传送方式	218
7.3.1 无条件传送方式	218
7.3.2 查询传送方式	219
7.3.3 中断传送方式	224
7.3.4 DMA 方式	226



7.3.5 I/O 处理机方式	228	9.1.4 8255A 的应用实例	282
7.4 简单输入/输出接口的设计	228	9.2 定时器/计数器 8253/8254	286
7.4.1 芯片功能介绍	228	9.2.1 8253 的内部结构和引脚	287
7.4.2 接口设计实例	232	9.2.2 8253 的工作方式	289
本章小结	236	9.2.3 8253 的编程	296
思考题与习题	236	9.2.4 8254 与 8253 的区别	297
第 8 章 中断系统	237	9.2.5 8253/8254 的应用实例	298
8.1 中断的基本概念	237	9.3 DMA 控制器 8237A	301
8.1.1 中断	237	9.3.1 8237A 的引脚和内部结构	302
8.1.2 中断系统及功能	237	9.3.2 8237A 的工作周期	304
8.1.3 中断的基本过程	239	9.3.3 8237A 的工作模式	306
8.2 8086 微处理器的中断方式	241	9.3.4 8237A 的寄存器组和编程 控制字	308
8.2.1 外部中断	241	9.3.5 8237A 的软件命令	310
8.2.2 内部中断	242	9.3.6 8237A 的应用实例	310
8.2.3 中断向量表	244	9.4 串行通信接口 8251A	312
8.3 中断管理	247	9.4.1 串行通信的基本概念	312
8.3.1 CPU 响应中断的条件	247	9.4.2 串行接口的基本功能和硬件 支持	315
8.3.2 中断响应和处理过程	248	9.4.3 8251A 的结构和引脚	316
8.3.3 中断优先权	250	9.4.4 8251A 的内部寄存器及 初始化编程	321
8.3.4 中断嵌套	253	9.4.5 8251A 的应用实例	324
8.4 高档微处理器中断系统	253	本章小结	325
8.4.1 异常中断	253	思考题与习题	326
8.4.2 中断描述符表	254	第 10 章 总线技术	327
8.4.3 80X86 新增的保留中断	256	10.1 总线概述	327
8.5 可编程中断控制器 8259A	256	10.1.1 总线的分类	327
8.5.1 8259A 的内部结构和引脚	257	10.1.2 总线规范及主要性能指标	328
8.5.2 8259A 的工作方式	260	10.2 系统总线	329
8.5.3 8259A 的编程	264	10.2.1 ISA 总线	329
8.5.4 8259A 的中断级联	269	10.2.2 PCI 总线	334
8.5.5 8259A 的应用实例	271	10.3 通信总线	342
本章小结	275	10.3.1 RS-232C 总线	342
思考题与习题	275	10.3.2 USB 总线	346
第 9 章 可编程接口芯片	277	本章小结	348
9.1 并行输入/输出接口 8255A	277	思考题与习题	349
9.1.1 8255A 的内部结构和引脚	277		
9.1.2 8255A 的工作方式字	280		
9.1.3 8255A 的编程控制字	280		



第 11 章 数/模转换与模/数转换

接口	350
11.1 概述	350
11.2 数/模转换器的工作原理	350
11.2.1 权电阻网络 D/A 转换器	350
11.2.2 T 型电阻网络 D/A 转换器	351
11.3 D/A 转换器的主要性能参数	352
11.4 数/模转换器芯片与微处理器的 接口	353
11.4.1 D/A 转换器与 CPU 接口 的基本原理	353
11.4.2 D/A 转换器与 CPU 的接口 实例	353
11.5 A/D 转换器工作原理	359
11.5.1 采样和保持	359
11.5.2 量化和编码	360

11.5.3 逐次逼近式 A/D 转换器	361
11.5.4 双积分式 A/D 转换器	361
11.6 A/D 转换器的主要性能参数	363
11.7 A/D 转换器芯片与微处理器的 接口	364
11.7.1 A/D 转换器与 CPU 接口的 基本设计方法	364
11.7.2 A/D 转换器与 CPU 的接口 实例	365
本章小结	372
思考题与习题	372

附录 A ASCII 码表	374
---------------------	-----

附录 B DOS 系统功能调用表 (INT 21H)	376
-------------------------------------	-----

参考文献	379
------------	-----



第1章 微型计算机基础

电子计算机是近代史上人类科学杰出的发明和贡献之一。而作为电子计算机典型代表的微型计算机的出现,为计算机技术的发展和普及开辟了崭新的途径,是计算机科学技术发展史上的一个新的里程碑。本章主要介绍微型计算机的发展、分类、系统组成、基本运行原理以及计算机中采用的数制和码制等基础知识。

1.1 概 述

1.1.1 微型计算机发展概况

人类从原始社会学会使用工具到现代社会经历了三次大的产业革命:农业革命、工业革命和信息革命,其中信息革命就是以计算机技术和通信技术的发展和普及为代表的。如果从17世纪欧洲出现近代科学算起,到今天差不多有400年的历史了,但是在这400年中,人类社会的发展速度是以前几十万年的历史无法比拟的,尤其是进入信息革命以后,人类社会更是以突飞猛进的速度在发展。目前,人类社会已经进入了高速发展的后现代时代,其中计算机科学与技术发展之快,是任何其他技术都无法相提并论的。

自20世纪40年代世界上第一台计算机ENIAC在美国宾夕法尼亚大学研制成功以来,电子计算机经历了几次重大的技术革命。通常按照电子计算机所采用的电子器件来进行划分,将电子计算机的发展分为四个阶段,习惯上称为四代。

(1) 第一代:电子管计算机时代(从1946年第一台计算机问世到20世纪50年代后期)。这一时期的计算机采用电子管作为基本器件,计算机的研制主要为满足军事与国防尖端技术的需要,并逐步扩展到民用,转为工业产品,形成了计算机工业。

(2) 第二代:晶体管计算机时代(从20世纪50年代中期到60年代后期)。这一时期作为计算机主要器件的电子管逐步由晶体管代替,使整机的体积缩小,功耗降低,可靠性和运算速度得到提高,且价格下降。



(3) 第三代:集成电路计算机时代(从20世纪60年代中期到70年代前期)。这一时期的计算机采用集成电路作为基本器件,因此,功耗、体积、价格进一步下降,而速度和可靠性进一步提高,计算机的应用领域进一步扩大,占领了许多数据处理的应用领域。

(4) 第四代:大规模集成电路和超大规模集成电路计算机时代(20世纪70年代以后)。这一时期的计算机采用大规模和超大规模集成电路作为基本器件,芯片集成度和微处理器的工作速度以摩尔定律发展,大体上每2~3年翻两番;半导体存储器取代磁芯存储器,并不断向大容量、高速度发展;微型计算机和计算机网络的产生和发展,使计算机的应用更加普及,并深入到社会生活的各个方面。

随着大规模和超大规模集成电路制造技术的发展,到20世纪70年代初期,已经能把原来体积很大的中央处理单元(Center Process Unit, CPU)电路集成在一片面积仅十几平方毫米的微处理器(Microprocessor, μP)电路芯片上,微处理器的出现开创了微型计算机的新时代。



所谓微型计算机是指以微处理器为核心再配上半导体存储器、输入/输出接口电路、系统总线及其他支持逻辑电路组成的计算机，简称微机或者微型机。微型计算机的出现，为计算机技术的发展和普及开辟了崭新的途径，是计算机科学技术发展史上的一个新的里程碑。

由于微型计算机具有体积小、重量轻、价格便宜、功耗低、可靠性高、通用性和灵活性强等突出特点，再加上超大规模集成电路技术的迅速发展，使微型计算机技术得到极其迅速的发展和广泛的应用。从 1971 年美国 Intel 公司首先研制成功世界上第一块微处理器芯片 4004 以来，差不多每隔 2~3 年就推出一代新的微处理器产品。微处理器是微型计算机的核心部件，它的性能在很大程度上决定了微型计算机的性能。因此，微型计算机的发展以微处理器的发展为标志。

1. 第一代(1971—1973 年)4 位或低档 8 位微处理器

第一代微处理器和微型计算机是以 4 位微处理器和低档 8 位微处理器为代表，典型产品有美国 Intel 公司 1971 年首次推出的 Intel 4004，其改进型是 Intel 4040，它是实现 4 位并行运算的单片微处理器，构成运算器和控制器的所有元件都集成在一片大规模集成电路芯片上，以它为核心构成的微型机是 MCS-4；1972 年 3 月 Intel 公司推出的低档 8 位通用微处理器 Intel 8008，以 Intel 8008 为核心构成的微型计算机是 MCS-8。第一代微处理器的芯片采用 PMOS 工艺，集成度约为 2000 管/片，时钟频率为 1MHz，平均指令执行时间为 20 μ s。

第一代微型处理器的特点是指令系统简单，运算功能单一，但价格低廉，使用方便。

2. 第二代(1974—1978 年)中高档 8 位微处理器

微处理器问世后，众多公司纷纷研制微处理器，逐步形成以 Intel、Motorola、Zilog 为代表的三大系列产品。典型产品有 1973 年 Intel 公司推出的 Intel 8080 及其改进型 8085；1974 年美国 Motorola 公司推出的 MC6809；1975 年 Zilog 公司推出的 Z-80，它是国内曾经最流行的单板微型机 TP801 的微处理器。除此之外，还有 MOS 公司推出的 MOS 6502，它是 IBM PC 问世之前世界上最流行的微型计算机 Apple II 的微处理器。第二代微处理器的芯片采用 NMOS 工艺，集成度达到 5000~9000 管/片，微处理器的性能技术指标有明显改进，时钟频率为 2~4MHz，运算速度加快，平均指令执行时间为 1~2 μ s。

第二代微型处理器的特 8 点是具有多种寻址方式，指令系统较完善。在系统结构上已经具有典型计算机的体系结构，具有中断、直接存储器存取等控制功能，在系统设计上考虑了机器间的兼容性、接口的标准化和通用性，配套外围电路的功能和种类齐全。在软件方面，除可使用汇编语言外，还可使用高级语言。

3. 第三代(1978—1983 年)16 位微处理器

20 世纪 70 年代后期，超大规模集成电路研制成功和制造技术的成熟，进一步推动微处理器和微型计算机生产技术向更高层次发展，出现了 16 位微处理器。这一时期最典型的产品是 Intel 公司 1978 年推出的 16 位微处理器 Intel 8086 以及与 8086 内部结构相同，但外部总线只有 8 位的准 16 位微处理器 8088。除 8086/8088 外，还有 Zilog 公司的 Z-8000，Motorola 公司的 MC68000。第三代微处理器工艺上采用 HMOS 高密度集成工艺技术，集成度为 2~7 万管/片，时钟频率为 4~8MHz，数据总线宽度为 16 位，地址总线为 20 位，可寻址内存空间达 1MB，运算速度比 8 位机快 2~5 倍。1981 年，IBM 公司推出的以 8088 为微处理器的个人计算机 IBM PC/XT 投入并占领市场后，形成了使用 16 位个人计算机的高潮。1982 年，

Intel 公司又推出 80286 微处理器,它是 16 位微处理器中的高档产品,其集成度达到 10 万管/片,时钟频率为 10MHz,平均指令执行时间为 0.2 μ s,速度比 8086 快 5~6 倍。

第三代微型处理器的特点是具有丰富的指令系统和多种寻址方式,多种数据处理形式,采用多级中断,有完善的操作系统。微处理器(80286)含有多任务系统必需的任务转换功能、存储器管理功能和多种保护机构,支持虚拟存储体系结构。

4. 第四代(1983—1993 年)32 位高档微处理器

1983 年以后,以 Intel 公司为代表的一些半导体集成电路生产商先后开始推出 32 位微处理器,这一时期的典型产品有 1983 年 Zilog 公司推出的 Z-80000;1984 年 Motorola 公司推出的 MC68020;1985—1989 年 Intel 公司分别推出的 Intel 80386 和 Intel 80486;NEC 公司推出的 V70 等。32 位微处理器的出现,使微处理器开始进入一个崭新的时代,无论从结构、功能和应用范围等方面看,可以说是小型机的微型化。第四代微处理器采用先进的高速 CHMOS(HCMOS)工艺,集成度为 1~120 万管/片。具有 32 位数据总线和 32 位地址总线,直接寻址能力高达 4GB,同时具有存储保护和虚拟存储功能,虚拟空间可达 64TB,时钟频率达到 16~33MHz,平均指令执行时间约 0.1 μ s,运算速度为每秒(300~400)万条指令。

第四代微型处理器的特点是内部采用流水线控制,使取指令、指令译码、内存管理、执行指令和总线访问并行操作。Intel 80486 片内增加了协处理器和 8KB 的片内高速缓存(cache),并支持配置外部高速缓存。内部数据总线宽度有 32 位、64 位和 128 位,分别用于不同单元间的数据交换。采用精简指令集(RISC)技术,使微处理器可以一个时钟周期执行一条指令;采用突发总线技术与外部随机访问存储器(RAM)进行高速数据交换,大大加快了数据处理速度。

5. 第五代(1993 年后) 准 64 位高档微处理器

第五代微处理器的推出,使微处理器技术发展到了一个崭新阶段,这一时期的典型产品有 1993 年 Intel 公司推出的经典 Pentium;1995 年 IBM、Motorola、Apple 联合推出的 Power PC;AMD 公司推出的 K5。第五代微处理器采用亚微米 CMOS 工艺制造,集成度高达 310 万管/片,采用 64 位外部数据总线,使经总线访问内存数据的速度高达 528MB/s、是主频 66MHz 的 80486-DX2 最高速度(105MB/s)的 5 倍,36 位地址总线使可寻址空间达 64GB,主频最初有 60MHz 和 66MHz 两种,后来陆续推出的 Pentium 系列产品的主频有 75、90、100、120、133、166MHz 和 200MHz。

第五代微型处理器的特点是采用了全新的体系结构,内部采用超标量流水线设计,在微处理器内部有 UV 两条流水线并行工作,允许 Pentium 在单个时钟周期内执行两条整数指令,即实现指令并行;Pentium 芯片内采用双 cache 结构,即指令 cache 和数据 cache,每个 cache 为 8KB,数据宽度为 32 位,避免了预取指令和数据可能发生的冲突。数据 cache 还采用了回写技术,大大节省了处理器的处理时间;采用分支指令预测技术,实现动态地预测分支程序的指令流向,大大节省了处理器用于判别分支程序的时间。

6. 第六代(1995 年后) 64 位微处理器

1995 年 2 月,Intel 公司推出第六代微处理器, Pentium PRO (P6), P6 采用 0.6 μ m 工艺,集成度为 550 万管/片,具有两个一级高速缓存(即 8KB 的指令 cache 和 8KB 的数据 cache),256KB 的二级 cache,内部采用 12 级超标量流水线结构,一个时钟周期可以执行 3 条指令,

同时它在复杂指令集(CISC)/RISC 的混合使用、乱序执行等方面都有新的特点。随后, Intel 公司对 P6 的性能作进一步的改进和提升, 2000 年年末 Intel 公司又推出了微处理器 Pentium 4, Pentium 4 采用 $0.18\mu\text{m}$ 工艺, 集成度为 4200 万管/片, 具有两个一级高速缓存(即 64KB 的指令 cache 和 64KB 的数据 cache), 512KB 的二级 cache, 电源电压仅为 1.9V, 主频为 1.3~3.6GHz。内部采用 20 级超标量流水线结构, 增加很多新指令, 更加有利于多媒体操作和网络操作。另外, Intel 公司还分别于 2003 年、2005 年和 2007 年推出了 Pentium M, 双核心处理器 Pentium D 和 Pentium E2200 等系列产品, 进一步提升了微处理器的工作性能。

第六代微处理器的特点是性能优异, 适应当前对多媒体、网络、通信等多方面的要求。随着科学技术的发展, 将会不断地对微处理器提出新的要求, 新型、新概念的微处理器定会层出不穷。

1.1.2 微型计算机发展特点与分类

1. 微型计算机的发展特点

因为微型计算机是采用大规模和超大规模集成电路, 所以在发展过程中除了具有一般计算机的运算速度快、计算精度高、记忆功能和逻辑判断力强、自动工作等常规特点外, 还表现出自身的特点。

1) 体积小、重量轻、功耗低

由于采用了大规模和超大规模集成电路, 因此使构成微型计算机所需的器件数目大为减少, 体积大为缩小。一个与小型机 CPU 功能相当的 16 位微处理器 MC68000, 由 13000 个标准门电路组成, 其芯片面积仅为 42.25mm^2 , 功耗为 1.25W。32 位的超级微处理器 80486, 有 120 万个晶体管电路, 其芯片面积仅为 $16\text{mm}\times 11\text{mm}$, 芯片的重量仅十几克。工作在 50MHz 时钟频率时的最大功耗仅为 3W。随着微处理器技术的发展, 今后推出的高性能微处理器产品体积更小、功耗更低而功能更强, 这些优点对于航空、航天、智能仪器仪表等领域具有特别重要的意义。

2) 可靠性高、使用环境要求低

微型计算机采用大规模集成电路以后, 使系统内使用的芯片数大大减少、从而使印制电路板上的连线减少, 接插件数目大幅度减少, 加之 MOS 电路芯片本身功耗低、发热量小, 使微型计算机的可靠性大大提高, 因而也降低了对使用环境的要求, 普通的办公室和家庭环境就能满足要求。

3) 结构简单灵活、系统设计方便、适应性强

微型计算机多采用模块化的硬件结构, 特别是采用总线结构后, 使微型计算机系统成为一个开放的体系结构, 系统中各功能部件通过标准化的插槽和接口相连, 用户选择不同的功能部件(板卡)和相应外设就可构成不同要求和规模的微型计算机系统。由于微型计算机的模块化结构和可编程功能, 使得一个标准的微型计算机在不改变系统硬件设计或只部分地改变某些硬件时, 在相应软件的支持下就能适应不同应用任务的要求, 或升级为更高档次的微机系统。从而使微型计算机具有很强的适应性和广泛的应用范围。

4) 性价比高

随着大规模和超大规模集成电路技术的不断成熟, 集成电路芯片的价格越来越低, 微型机的成本不断下降, 同时也使许多过去只在大中型计算机中采用的技术(如流水线技术、RISC 技术、虚拟存储技术等)也在微型机中采用, 许多高性能的微型计算机的性能实际上



已经超过了中小型计算机(甚至是大型机)的水平,但其价格要比中小型机低几个数量级。

2. 微型计算机的分类

微型计算机种类繁多,型号各异,因此用户可以从不同角度对其进行分类。例如按微处理器的制造工艺、按微处理器的字长、按微型机的构成形式、按应用范围等进行分类。不过,最常见的分类方法是按微处理器的字长和按微型机的构成形式来进行分类。这是因为微处理器是微型计算机的核心部件,微处理器的性能(特别是字长)在很大程度上决定了微型机的性能。此外,从构成形式上,目前微型机有单片机、单板机和系统机(多板机)三种形式。

1) 按微处理器字长分类

按微处理器字长来分,微型计算机一般分为4位、8位、16位、32位和64位等几种。

(1) 4位微型计算机:用4位字长的微处理器作CPU,其数据总线宽度为4位,一个字节数据要分两次来传送或处理。



(2) 8位微型计算机:用8位字长的微处理器作CPU,其数据总线宽度为8位。8位机中字长和字节是同一个概念。

(3) 16位微型计算机:用16位微处理器作CPU,数据总线宽度为16位。以Intel 8086为CPU的16位微型机IBM PC/XT,不仅是当时相当一段时间内的主流机型,而其用户拥有量也是世界第一,以至在设计更高档次的微机时,都要保持对它的兼容。16位机除原有的应用领域外,还在计算机网络中扮演了重要角色。

(4) 32位微型计算机:32位微机使用32位的微处理器作CPU,可满足文字、图形、表格处理及精密科学计算等多方面的需要。典型产品有Intel 80386、Intel 80486、MC68020、MC68030和Z-80000等。特别是1993年Intel公司推出Pentium微处理器之后,使32位微处理器技术进入一个崭新阶段。

(5) 64位微型计算机:64位微机使用64位的微处理器作CPU,这是目前的各个计算机领军公司争相开发的最新产品。



2) 按微型计算机的构成形式分类

微型计算机是由多个功能部件构成的一个完整的硬件系统,除核心部件微处理器之外,还配置有相应的存储部件、输入输出接口等。因此,按照微型机多个部件的组装形式分类,又可分为单片机、单板机和多板微型计算机三类。

(1) 单片机:如果将构成微型计算机的各功能部件(CPU、RAM、ROM及I/O接口电路)集成在同一块大规模集成电路芯片上,一个芯片就是一台微型机,则该微型机就称为单片微型计算机,简称单片机。单片机的特点是集成度高、体积小、功耗低、可靠性高、使用灵活方便、控制功能强、编程保密化、价格低廉、利用单片机可较方便地构成一个控制系统。因此,在工业控制、智能仪器仪表、数据采集和处理、通信和分布式控制系统、家用电器等领域的应用日益广泛。典型产品有Intel公司的MCS8051、8096(16位单片机),Motorola公司的MC68HC05、MC68HC11等。



(2) 单板机:如果将CPU芯片、存储器芯片、I/O接口芯片及简单的输入/输出设备(如小键盘、数码显示器LED)装配在同一块印制电路板上,这块印制电路板就是一台完整的微型机,称为单板微型计算机,简称单板机。单板机具有完全独立的操作功能,加上电源就可以独立工作。但由于它的输入/输出设备简单、存储容量有限,工作时只能用机器码(二进





制)编程输入,故通常只能应用于一些简单控制系统和教学中。

(3) 多板微型计算机:也称系统机,把微处理器芯片、存储器芯片、各种 I/O 接口芯片和驱动电路、电源等装配在不同的印制电路板上,各印制电路板插在主机箱内标准的总线插槽上,通过系统总线相互连接起来,就构成了一个多插件板的微型计算机。目前广泛使用的微型计算机系统(如 IBM PC/XT、PC/AT、PC386、PC484、PC586 等)就是用这种方式构成的。多板微型计算机也称单机系统,所有的系统软件 and 应用程序都在系统内的硬盘上或内存中。它功能强、组装灵活。选择不同的功能部件适配卡(如主机板、内存条、显示卡、声卡、软硬盘驱动器、光驱、打印机、键盘、鼠标等)就可以构成不同功能和规模的微型计算机。

1.1.3 微型计算机的应用

随着微型计算机技术的不断发展,过去只限于少数专业人员使用的计算机已经普及到广大民众乃至中小学生,同时,超级并行计算机技术、高速网络技术、多媒体技术、人工智能技术等相互渗透,改变了人们使用计算机的方式,从而使计算机几乎渗透到人类生产和生活的各个领域,对工业和农业都有极其重要的影响。微型计算机的应用范围归纳起来主要有以下几个方面。

1. 科学计算



科学计算也称数值计算,是指用计算机来解决科学研究和工程技术中所出现的复杂的计算问题。在诸如数学、物理、化学、天文、地理等自然科学领域以及航天、汽车、造船、建筑等工程技术领域中,计算工作量是很大的,完成这些计算正是计算机的特长。

2. 信息处理



信息处理也称数据处理,是指人们利用计算机对各种信息进行收集、存储、整理、分类、统计、加工、利用以及传播的过程,目的是获取有用的信息作为决策的依据。信息处理是目前计算机应用最广泛的一个领域,有资料显示,世界上 80% 以上的计算机主要用于信息处理。

3. 计算机控制

计算机控制是指通过计算机并借助某些辅助部件对某一过程或对象进行自动调节,在没有人工干预的情况下,能按照预定的目标和状态实现自动控制的目的。计算机控制系统目前已被广泛应用于操作复杂的冶金、电力、石油化工、机械加工、医药等工业领域。



计算机控制还在国防和航空航天领域中起决定性作用,例如,无人驾驶飞机、导弹、人造卫星和宇宙飞船等飞行器的控制,都是靠计算机实现的。可以说计算机是现代国防和航空航天领域的神经中枢。

4. 计算机辅助设计和辅助制造

(1) 计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)是指借助计算机的帮助,用户可以自动或半自动地完成各类工程设计工作。目前 CAD 技术已应用于飞机设计、船舶设计、建筑设计、机械设计、大规模集成电路设计等。采用计算机辅助设计,可缩短设计时间,提





高工作效率,节省人力、物力和财力,更重要的是提高了设计质量。

(2) 计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)是指利用计算机通过各种数值控制生产设备,完成产品的加工、装配、检测、包装等生产过程的技术。将 CAM 进一步集成可形成计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing Systems, CIMS),从而实现设计生产自动化。CAM 可提高产品质量,降低投入的成本和工作者的劳动强度。

计算机除了上述辅助技术外,还有其他的辅助功能,如计算机辅助教学、计算机辅助出版、计算机辅助管理、计算机辅助绘制和计算机辅助排版等。

5. 人工智能

人工智能(Artificial Intelligence, AI)是用计算机模拟人类的智能活动,如判断、理解、学习、图像识别、问题求解等,它涉及计算机科学、信息论、仿生学、神经学和心理学等诸多学科。在人工智能中,最具代表性、应用最成功的两个领域是专家系统和机器人。



机器人是人工智能技术的另一个重要应用。目前,世界上有许多机器人工作在各种恶劣环境,如高温、高辐射、剧毒等,机器人的应用前景非常广阔。

6. 计算机网络

计算机技术和通信技术相结合,可以将分布在不同地点的计算机连接在一起,从而形成计算机网络,人们在网络中可以实现软件、硬件和信息资源的共享。特别是 Internet 的出现,更是打破了地域的限制,缩短了人们传递信息的时间和距离,改变了人们的生活方式。计算机网络已成为人们建立信息社会的物质基础,它给人们的工作和生活带来极大的方便。例如,可以在 Internet 上进行浏览、检索信息、收发电子邮件、阅读书报、选购商品、参与众多问题的讨论、实现远程医疗服务等。

上面介绍了微型计算机的发展概况及其主要应用,对于工科电气类学生和工程技术人员来说,学习微型计算机就是为了把微型计算机应用到工业生产中去。

1.2 计算机中的数制和编码

日常生活中,人们使用各种进制来表示数据,如二进制、八进制、十进制、十六进制等。由于电子元器件可以方便地表示事物的两种状态,所以在计算机中采用了二进制数字系统,即计算机中要处理的所有数据、字母和符号,都用二进制数字来表示。但人们又习惯使用十进制数,因此,在学习和掌握计算机的原理之前,需要了解二进制、十进制、十六进制等表示方法及其相互关系和转换。

另外,人们经常使用的字母、符号、图形以及汉字,在计算机中也一律使用二进制编码来表示,这些编码也是本节要介绍的内容。

1.2.1 计算机中的数制

1. 数制

数制是以表示数值所用的数字符号的个数来命名的,如十进制、十二进制、十六进制、六十进制等。将数字符号按序排列成数位,并遵照某种由低位到高位进位的方法进行计



数, 来表示数值的方式, 称作进位计数制。进位计数制是一种计数方法, 是人们在应用各种数字符号表示事物个数的长期过程中形成的。

2. 数的表示

1) 二进制数的表示

在计算机中, 数是以二进制的形式表示的。二进制数每个数位只可能取 0 或 1 两个不同的数码, 特点是“逢二进一, 借一当二”。二进制在计算机中被广泛应用, 是由于它的特点决定的。

第一, 二进制只取两个数码 0 和 1, 因此它的每一位数都可以用任何具有两个稳定状态的元件来表示, 一般说来, 制造具有两个稳定状态的元件, 比制造多个稳定状态的元件容易得多, 在现实生活中可以找到很多具有这种特性的元件, 如开关, 有断开和接通两个稳定状态, 晶体管有截止和导通两个稳定状态。只要规定其中的一个状态表示 1, 另一个状态表示 0, 就可以用二进制表示了。由于采用二进制, 在计算机中数的传递和存储, 可以用简单而可靠的方式进行, 如电位的高低, 电流的有无等。

第二, 二进制数运算简单。一般来讲, 当进行简单的算术运算时, 两个整数的和与乘积表, 对于 d 进制数, 就要记住 $d*(d+1)/2$ 个和与积, 对十进制来说, 要记住 55 个和与积, 因此如果采用十进制, 计算的运算器就很庞大, 控制电路也很复杂。而用二进制, 则 $d=2$, 所以 $d*(d+1)/2=3$ 。因此采用二进制, 运算器和控制电路比较简单。



第三, 由于采取二进制, 就可以使用逻辑代数(布尔代数), 这就为计算机的逻辑设计提供了有力的工具。

二进制数只有 0 和 1 两个数码, 而“0”可以代表逻辑值“假”, “1”可以代表逻辑值“真”, 因此二进制数可以进行逻辑运算。用 $\wedge(\times)$ 、 $\vee(+)$ 、 $\oplus$ 、 $\neg$ 表示“与”、“或”、“异或”、“非”运算符。

二进制数算术运算, 位与位之间是相关联的, 存在着进位与借位关系。而逻辑运算则是每位独立进行的, 位与位之间无关系。

2) 十六进制数的表示

十六进制数的基数为 16, 每位可能取 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F 中的一个, 特点是“逢十六进一, 借一当十六”。因为 $2^4=16$, 所以一位十六进制数相当于四位二进制数, 这样十六进制数与二进制数的转换极为方便。从十六进制转二进制, 只要把每位十六进制数转换成四位二进制数即可; 从二进制转换成十六进制时, 只要以小数点为起点, 向左、向右将每四位二进制数转换成一位十六进制数。

3) 八进制数的表示

八进制数的基数为 8, 每位可取 0、1、2、3、4、5、6、7 八个数码之中的一个, 由于 $2^3=8$, 所以三位二进制数相当于一位八进制数。与十六进制相似, 八进制和二进制转换也很简单。十进制数与二、八、十六制对应关系见表 1.1。

表 1.1 十进制数与二、八、十六进制数的对应关系

十进制	二进制	八进制	十六进制	十进制	二进制	八进制	十六进制
0	0000	0	0	8	1000	10	8
1	0001	1	1	9	1001	11	9